

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 06252107

(43)Date of publication of application: 09.09.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/302  
C23F 4/00

(21)Application number: 05061115

(71)Applicant:

SONY CORP

(22)Date of filing: 25.02.1993

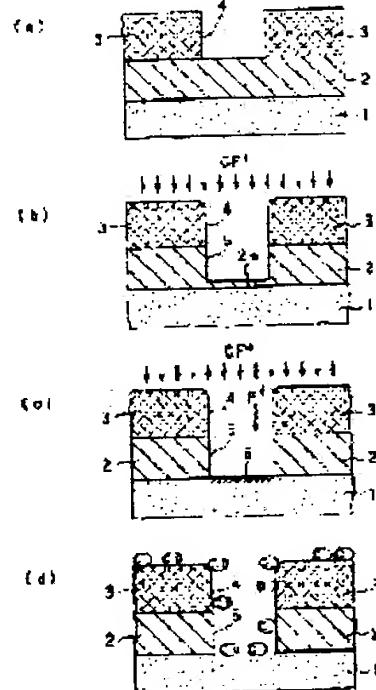
(72)Inventor:

AKIBA NAMISATO  
KADOMURA SHINGO

## (54) DRY ETCHING METHOD

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To prevent the generation of an Al crown at the time of forming a via hole on an Al-based wiring layer.  
**CONSTITUTION:** An SiO<sub>2</sub> interlayer insulating film 2 on an Al-1% Si layer 1 is etched by using a mixed gas of c-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub> in a magneto-microwave plasma etching device which can generate high-density plasma having an ion density of &gt;10<sup>11</sup> ions/cm<sup>3</sup>. Since a reactive layer 6 having a low vapor pressure is formed on the exposed surface of the layer 1 when the formation of a via hole 5 is completed, the layer 6 is utilized to the accomplishment of high selectivity in this etching by adjusting the incident ion energy to such an extent that the layer 6 is not sputtered. However, the etching rate is maintained at a practical level, since a large amount of CF<sub>3</sub><sup>+</sup> is generated in the high-density plasma. The sputtering of the layer 1 is reduced and the generation of an Al crown is prevented.



BEST AVAILABLE COPY

L1: Entry 6 of 6

File: DWPI

Apr 2, 2002

DERWENT-ACC-NO: 1994-327574

DERWENT-WEEK: 200225

COPYRIGHT 2002 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Selective dry etching laminated silicon compound layer of aluminium wiring layer - by using an etching gas of fluorocarbon in an etching unit

INVENTOR: AKIBA, H; KADOMURA, S

PRIORITY-DATA: 1993JP-0061115 (February 25, 1993)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 3271359 B2	April 2, 2002		007	H01L021/3065
JP 06252107 A	September 9, 1994		007	H01L021/302
US 5429710 A	July 4, 1995		009	B44C001/22

get  
INT-CL (IPC): B44C 1/22; C03C 15/00; C23F 1/02; C23F 4/00; H01L 21/302; H01L 21/3065

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 06252107A  
BASIC-ABSTRACT:

The Si-cpd. layer is dry etched selectively using an etching gas mainly of fluorocarbon in an etching unit capable of producing at least 10 power 11 ions/cm<sup>3</sup> of ion density under ion-energy of incidence capable of maintaining at least part of a reaction layer to be produced on the exposed surface of the Al-wiring layer.

USE - Used for selective dry etching laminated Si-cpd. layer of Al-wiring layer, for via-hole working, preventing generation of Al-crowns.  
ABSTRACTED-PUB-NO:

US 5429710A EQUIVALENT-ABSTRACTS:

In a dry etching method for selectively etching a Si-contg. dielectric layer formed on an interconnection layer of an Al-base alloy, a patterned mask is used to expose an area of the dielectric layer.

Etching is done with at least one of CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, and C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, so that at least a minor amount of a layer of reaction product formed on an exposed surface of the Al-base alloy is left. The layer is then removed by a second etching with at least one of Cl<sub>2</sub>, BC<sub>l</sub><sub>2</sub> and HCl..

ADVANTAGE - Etching may be carried out with high anisotropy, at a high rate and with high selectivity and low damage.

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-252107

(43)公開日 平成6年(1994)9月9日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 01 L 21/302  
C 23 F 4/00

識別記号 庁内整理番号  
F 9277-4M  
E 8414-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 FD (全7頁)

(21)出願番号 特願平5-61115

(22)出願日 平成5年(1993)2月25日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社  
東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 秋庭 波里

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(72)発明者 門村 新吾

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

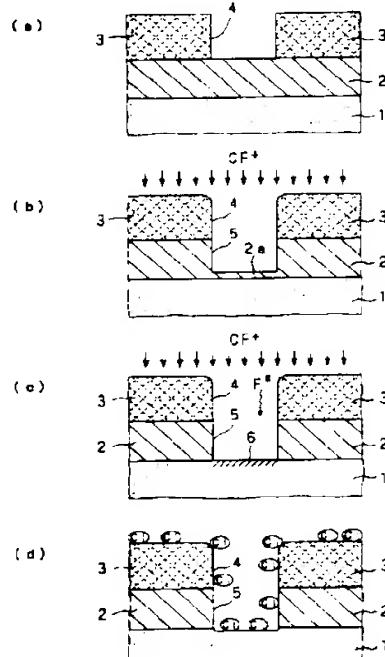
(74)代理人 弁理士 小池 覧 (外2名)

(54)【発明の名称】 ドライエッティング方法

(57)【要約】

【目的】 A1系配線層上でビアホール加工を行う際  
に、A1クラウンの発生を防止する

【構成】 イオン密度が $10^{11}$ イオン/ $\text{cm}^3$ 以上の高  
密度プラズマを生成できる有磁場マイクロ波プラズマ・  
エッティング装置内でc-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>混合ガス  
を用い、A1-1%Si層1上のSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜2  
をエッティングする。ビアホール3が完成された時点でA1-  
1%Si層1の露出面上に蒸気圧の低い反応層6が  
形成されるので、本エッティングでは該反応層6がスハ  
ッタされない程度に入射イオン・エネルギーを調節し、こ  
れを高選択性の達成に利用する。ただし、高密度プラズ  
マ中に大量のCF<sub>3</sub><sup>+</sup>が生成しているので、エッティング速  
度は実用レベルに保たれる。A1-1%Si層1のスハ  
ッタが減少し、A1クラウンの発生を防止できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 アルミニウム系配線層の上に積層されたシリコン化合物層を選択的にエッチングするドライエッチング方法において、

前記エッチングは、イオン密度が $10^{11}$ イオン/ $\text{cm}^3$ 以上のアラズマを生成可能なエッチング装置内でフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスを用い、前記アルミニウム系配線層の露出面上に生成する反応層の少なくとも一部を維持し得る入射イオン・エネルギー条件下で行うことを特徴とするドライエッチング方法

【請求項2】 前記エッチングの終了後に、前記反応層を塩素系化合物を含むエッチング・ガスを用いて除去することを特徴とする請求項1記載のドライエッチング方法

【請求項3】 前記エッチングの終了後に、前記反応層を塩素系化合物を含むエッチング・ガスを用いて除去し、しかる後に残留塩素を除去することを特徴とする請求項1記載のドライエッチング方法

【請求項4】 前記残留塩素は、前記反応層の除去に引き続いて高真空中で連続的にアッシングを行うことにより、前記エッチングで用いられたレジスト・マスクと共に除去することを特徴とする請求項3記載のドライエッチング方法

【請求項5】 前記残留塩素は、分子内に水素原子を持つ化合物を含むガスを用いたアラズマ処理を前記反応層の除去に引き続いて高真空中で連続的に行うことにより、水素系化学種と反応させながら除去することを特徴とする請求項3記載のドライエッチング方法

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はドライエッチング方法に関し、特にアルミニウム（Al）系配線層上のシリコン化合物系絶縁膜に接続孔を開口するためのエッチングにおいて、下地のAl系配線層のスッタ除去および接続孔の側壁面への再付着を防止する方法に関する

## 【0002】

【従来の技術】 近年のVLSI、ULSI等のごとく高集積化、高密度化が著しく進んだ半導体装置においては、デバイス・チップ上で配線部分の占める割合がますます増大する傾向にある。これに起因するチップの大型化を防ぐために、多層配線プロセスが今や必須の技術として認識されている。多層配線プロセスでは、上層側配線と下層側配線との間の電気的接続を図るために、両者間に介在される層間絶縁膜にピアホールを開口するためのホール加工を適切に行うことが重要である。

【0003】 上記層間絶縁膜の材料として代表的なものは酸化シリコン（SiO<sub>2</sub>）系材料である。SiO<sub>2</sub>系材料層のエッチングは、その強固なSi—O結合を切断する必要から、一般に高い入射イオン・エネルギーが得

られる条件下で行われる。つまり、SiO<sub>2</sub>系材料層のエッチングのメカニズムは、ラジカル反応のような化学的過程よりもむしろ、スッタリングのような物理的過程に近い。

【0004】 ところで、このように強いイオン衝撃を伴うエッチング・プロセスにおいては、必然的に下地選択性の低下が問題となる。特に、多層配線構造において絶縁膜の下地にAl系材料層のようなスッタされ易い配線材料層が存在している場合、該配線材料層の表面がスッタされて膜厚が減少してしまうと共に、スッタ生成物が接続孔の内壁面上に再付着し、種々の問題を引き起こす。

【0005】 上記配線材料層がAl系材料からなる場合の再付着の様子を、図4を参照しながら説明する。図4(a)は、Al系配線層1-1上に積層されたSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜1-2の上に、レジスト・マスク1-3が形成された状態を示している。上記レジスト・マスク1-3には、ホール・ハターンにしたがって開口部1-4が設けられている。

【0006】 この状態で、上記SiO<sub>2</sub>層間絶縁膜1-2をエッチングし、ピアホール1-5を形成した場合を考える。上記のエッチングは、一般に入射イオン・エネルギーの比較的高い条件で行われ、しかも下地のAl系配線層1-1はスッタリング率の高い材料層である。したがって、若干のオーバーエッチングを行っただけでも、図4(b)に示されるようにAl系配線層1-1の露出面がスッタされ、スッタ生成物がピアホール1-5の側壁面上に堆積して再付着物層1-6を形成してしまう。

【0007】 この再付着物層1-6は除去が極めて困難であり、レジスト・ハターン1-4をアッシングにより除去した後でも、図4(c)に示されるように、ピアホール1-5の開口端から突出した状態で残存する。この再付着物層1-6は、ウェハを上面から電子顕微鏡で観察すると王冠（クラウン）のように見えることから、アルミ・クラウンとも呼ばれている。

【0008】 この再付着物層1-6は、一部でも剥離または破損するとダスト源となる他、SiO<sub>2</sub>層間絶縁膜1-2の最上面から多少なりとも突出している場合には上層に形成される材料層のカバーリジ（被覆性）を悪化させることもあり、半導体装置の歩留りを著しく低下させる原因となる。

【0009】 そこで、上述のような下地のスッタ除去を防止するために、従来から幾つかの対策が試みられている。代表的な方法としては、(a)自己バイアス電位V<sub>bi</sub>を低下させた条件を採用すること、(b)オーバーエッチング時に下地の配線材料層をエッチングし得る化合物をエッチング・ガスに添加すること、(c)接続孔の断面形状をテール化させること、等が挙げられる。

【0010】 このうち、上記(c)カーテール化については、1990 Dry Process Symposium

s i u m 沙録集, p. 105~109, 演題番号V-3に報告されている。この場合の SiO<sub>2</sub> 層間絶縁膜のエッチングは、ウェハを約 -50°C に冷却しながら RF ガスを用いて行うつまり、過剰な炭素系ホリマーの堆積により実質的なマスク幅が絶えず増大しながらエッチングが進行するので、ピアホールの側壁面が傾斜するのである。側壁面が傾斜することにより、この面へのイオンの入射が可能となり、たとえ下地の Al 系配線層に由来するスマッタ生成物が再付着しても直ちに除去できる。また、かかる傾斜面に対してはスマッタ生成物の粒子の入射角が小さくなるので、再付着そのものも生じにくくなると考えられている。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の各対策はそれぞれ問題点を抱えている。まず、自己バイアス電位 V<sub>bi</sub> を低下させる方法は、入射イオン・エネルギーを下げることにより、下地の配線材料層のスマッタ除去を防止しようとするものである。しかし、近年のドライエッチングでは低圧放電プラズマを用いて本質的な異方性を達成しようとする考え方が主流であり、従来の RF プラズマを基準として判断するとプラズマ中のイオン密度が減少する傾向にある。これは、RF プラズマではガス圧が低くなればイオン密度も急激に減少してしまうからである。したがって、エッチング機構が本質的にイオン・アシスト反応にもとづいているシリコン化合物層の場合、この方法では実用的なエッチング速度やスルーフットを達成することができない。入力パワーや基板バイアスを増大させて意図的にイオンを加速することもできるが、このようにして高エネルギーを付与されたイオンは、基板にダメージを与える原因となる。

【0012】オーバーエッチング時に下地の配線材料層をエッチングし得るガスを使用する方法では、再付着は確かに防止できる。しかし、配線材料層も除去されることから、接続孔のアスペクト比が増大し、その後の接続孔の埋め込み等が困難となる。極端な場合には、配線材料層が除去されてしまうこともあります。

【0013】また、接続孔の断面形状をテーア化させる技術では、有意なテーア化を達成するために過剰な炭素系ホリマーの生成が必要であり、ヘーティクル・レベルを悪化させる懸念が大きい。しかも、接続孔の底面積はマスクの開口面積よりも狭くなるため、該接続孔に埋め込まれた導電材料層と下地の配線材料層とのコンタクト抵抗が増大するといった問題も生ずる。

【0014】したがって、接続孔の断面形状はやはり異方性形状とし、しかも下地配線層の不必要的エッチング、再付着、ダメージ等を防止しながら実用的なエッチング速度も確保するという、極めて困難な選択を行わざるを得ない。本発明は、かかる困難を克服し、Al 系配線層上でシリコン化合物層の高異方性、高速、高選択、低ダメージ・エッチングを行う方法を提供することを目

的とする。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】上述の困難を克服するために低圧放電プラズマに最も強く要求される事柄とは、イオン化率の向上である。また、入射イオン・エネルギーの制御性を有することも重要である。かかる観点に立ち、本発明者は近年次々と提案されている新しいタイプの高密度プラズマを用いることで上述の目的が達成されるものと考え、本発明を提案するに至ったものである。

【0016】すなわち本発明のドライエッチング方法は、Al 系配線層の上に積層されたシリコン化合物層を選択的にエッチングする際に、前記エッチングをイオン密度が 10<sup>11</sup> イオン / cm<sup>3</sup> 以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内でフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスを用い、前記 Al 系配線層の露出面上に生成する反応層の少なくとも一部を維持し得る入射イオン・エネルギー条件下で行うものである。

【0017】かかる 10<sup>11</sup> イオン / cm<sup>3</sup> 以上のイオン密度を有するプラズマの具体例としては、ECR プラズマ、ヘリコン波 プラズマ、ICP (Inductive Coupling Plasma)、TCP (Transformer Coupled Plasma)、ホロー・アノード型 プラズマ、ヘルカル共振器 プラズマ等が知られている。

【0018】本発明はまた、前記エッチングの終了後に、前記反応層を塩素系化合物を含むエッチング・ガスを用いて除去するものである。

【0019】本発明はまた、上述のように塩素系化合物を含むエッチング・ガスを用いて反応層を除去した後、さらに残留塩素を除去するものである。

【0020】本発明はまた、前記反応層の除去に引き続いて高真空中で連続的にアッショングを行うことにより、先のエッチングで用いられたジスト・マスクと同時に残留塩素を除去するものである。

【0021】本発明はさらに、分子内に水素原子を持つ化合物を含むガスを用いたプラズマ処理を前記反応層の除去に引き続いて高真空中で連続的に行うことにより、残留塩素を水素系化学種と反応させながら除去するものである。

#### 【0022】

【作用】プラズマを生成させるためには電子とガス原子の衝突が不可欠であるが、従来型のプラズマに比べてこの衝突回数を増やすための何らかの工夫がなされている。プラズマが、本発明で用いられるいわゆる高密度プラズマである。ここで、従来型のプラズマとは、たとえば平行平板電極間に RF ハワーを印加してグロー放電を起こしたり、導波管ヘイクル波を供給してマイクロ波放電を起こすことにより励起されるものである。これに対して高密度プラズマは、たとえばマイクロ波電界と磁界の相互

作用にもとづく電子サイクロン共鳴、あるいはホイッスラー・モードと呼ばれる磁界中のマイクロ波伝搬モード等を利用することにより、ガスの解離を高度に促進し、高いイオン密度を達成したものである。

【0023】この高密度プラズマは、その実用化を想定した場合に、入射イオン・エネルギーを制御できることが必要である。これを実現するためには、高密度プラズマがいわゆるリモート・プラズマであること、つまり放電によるプラズマの形成と入射イオン・エネルギーの制御とを独立に行うことができるタイプのプラズマであることが、はじめて必須の条件となる。

【0024】フルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスを用いてイオン密度 $1.0 \times 10^{11}$  イオン/ $\text{cm}^3$  以上の高密度プラズマを形成すると、低圧下でも従来のRFプラズマと比べてフルオロカーボン系化合物の解離が進み、大量の $\text{CF}_{x-}$ （しかも、 $x > 1$  が多い）が効率良く生成する。この豊富なイオンにアシストされながら、シリコン化合物層は実用的な速度でエッチングされる。

【0025】エッチングが進行して下地のA1系配線層が露出すると、この時点でエッチングを停止させることができる。これは、実験的に確認された事実であり、恐らくは $\text{Al}_1\text{F}_{x-}$ （典型的には $x = 3$ ）を少なくとも一部含む蒸気圧の低い反応層でA1系配線層の露出面が被覆されたためであると考えられる。しかも、本発明では入射イオン・エネルギーを最適化して反応層のスハッタリング率を最小限に抑えているため、この反応層を下地のA1系配線層の表面保護膜として用いることができる。これにより、たとえば深さの異なる接続孔を一括して開口する場合にも、浅い接続孔においても過剰なオーバーエッチングから下地のA1系配線層を保護することができる。したがって、いわゆるアルミ・クラウンの発生を防止することができる。

【0026】なお、上記反応層は、塩素系化合物を含むエッチング・ガスを用いれば、 $\text{Al}_1\text{Cl}_4$  の形で容易に除去することができる。ただし、ここで塩素系化合物を用いることにより、反応層の除去後にはエッチング反応系内に塩素が必然的に残留する。この残留塩素は、ウェハが一旦大気解放されて水分と接触すると、A1系配線層のアフターコロージョンを引き起こす原因となりやすい。そこで、エッチング終了後のウェハを大気解放せずに連続工程にて残留塩素を除去することが有効である。

【0027】この残留塩素の除去方法として、本発明では(a) エッチング・マスクとして用いたレジスト・マスクをアッシングする方法、および(b) 分子内に水素原子を有する化合物を用いてアラズマ処理を行う方法、の2通りを提案する。(a) のアッシングを行う方法によれば、残留塩素を大量に吸収しているレジスト・パターンが除去され、ウェハ上の残留塩素が大幅に低減される。(b) のアラズマ処理によれば、分子内に水素原子

を有する化合物から生成するH<sub>2</sub> 等の水素系化学種と残留塩素が反応し、残留塩素は $\text{HCl}$ （塩化水素）の形で速やかに除去される。

#### 【0028】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

#### 【0029】実施例1

本実施例は、有磁場マイクロ波プラズマ・エッチング装置を用いてA1 - 1% Si層上のSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜にピアホールを開口するプロセスにおいて、SiO<sub>2</sub>層間絶縁膜の2段階エッチングをc-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>混合ガス系およびc-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>単独ガス系を順次用いて行った後、A1 - 1% Si層の露出面に形成された反応層をC<sub>12</sub>を用いたプラズマ処理により除去し、さらに上記マイクロ波プラズマ・エッチング装置に高真空中で接続されたインライン・アッシング装置内で残留塩素の除去を兼ねたレジスト・アッシングを行った例である。このプロセスを、図1および図2を参照しながら説明する。

【0030】本実施例でエッチング・サンプルとして使用したウェハを、図1(a)に示す。このウェハは、A1 - 1% Si層1上に厚さ約0.6 μmのSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜2が順次積層され、さらにその上に所定の形状にハターニングされたレジスト・マスク3が形成されてなるものである。上記レジスト・マスク3の厚さは約1.0 μm、ホール・パターンにしたがって開口された開口部4の直径は約0.4 μmである。

【0031】次に、上記ウェハを有磁場マイクロ波プラズマ・エッチング装置にセットし、SiO<sub>2</sub>層間絶縁膜2の2段階エッチングを行った。ここで、2段階エッチングとは、エッチング・プロセスを実質的に下地が露出する直前までのジャストエッチング工程と、下地を完全に露出させるオーバーエッチング工程とに分け、両工程間にエッチング条件を切り換える方法である。

【0032】まず、一例として下記の条件でSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜2をジャストエッチングした。

c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> 流量	2.0 SCCM
CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub> 流量	1.0 SCCM
ガス圧	0.25 Pa
マイクロ波パワー	1200 W (2.45 GHz)
RFバイアス・パワー	300 W (800 kHz)
電極温度	50 °C (アルミニウム系治媒使用)

【0033】ここで用いたc-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>は、分子のC/F比（C原子数とF原子数の比）が比較的高いフルオロカーボン系化合物であり、プラズマのイオン密度が $1.0 \times 10^{11}$  イオン/ $\text{cm}^3$  のオーダーである従来のマグネットон-RF-E装置内で放電させれば、大量の $\text{CF}_{x-}$ （主として

てx-2)を解離生成する。しかし、本実施例で用いた有磁場マイクロ波プラズマ装置中ではガスの解離が一層進んで高密度ECRプラズマが形成されており、そのイオン密度は1.0<sup>11</sup>イオン/cm<sup>3</sup>のオーダーに達している。

【0034】ただし、このECRプラズマ中に生成している化学種としては、CF<sub>x</sub><sup>+</sup>がさらに解離した形のCF<sup>+</sup>が多く、これに伴ってF<sup>+</sup>の生成量も増加している。そこで、プラズマ中にH<sup>+</sup>を供給して過剰なF<sup>+</sup>を捕捉させる目的で、ガス系にCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>を添加しているわけである。しかも、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>は炭素系ポリマーを堆積させやすい。したがって、上記のガス系によれば、炭素系ポリマーの堆積効果とF<sup>+</sup>の減少効果にもとづいてレジスト選択性が向上する。

【0035】上記のジャストエッチング工程では、RFパワー密度が比較的低く設定され、これにより入射イオン・エネルギーが必要最小限に弱められている。しかし、高密度で生成するCF<sup>+</sup>により、エッチングは異方的に、しかも実用的な速度で進行した。ジャストエッチングは、図1-(b)に示されるように、下地のA1-1%Si層1が露出する直前で停止させた。これにより、ビアホール5が途中まで形成された。

【0036】次に、SiO<sub>2</sub>層間絶縁膜2の残余部2aを除去するために、一例として下記の条件でオーバーエッチングを行った。

c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> 流量	30 SCCM
ガス圧	0.25 Pa
マイクロ波パワー	1200 W (2.45 GHz)
RFバイアス・パワー	220 W (800 kHz)
電極温度	50 °C (アルコール系冷媒使用)

【0037】このオーバーエッチング工程では、ガス組成からCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>を除外してエッチング反応系のC/F比を低下させているため、ジャストエッチング工程に比べてプラズマ中のF<sup>+</sup>生成量が増大した。このため、図1-(c)に示されるようにビアホール5の底面にA1-1%Si層1が露出すると、その露出面には反応層6が速やかに生成した。この反応層6は、上記のエッチング条件下では蒸気圧が低く、かつスッパッタリング率も低いため、イオンやラジカルの攻撃に対して高い耐性を發揮した。したがって、オーバーエッチング中にもA1-1%Si層1の表面は効果的に保護された。

【0038】ただし、この反応層6はこのまま残しておくとコンタクト抵抗を増大させる虞れがある。そこで、次の一例として下記の条件で上記反応層6を除去した。

C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> 流量	100 SCCM
ガス圧	2.0 Pa
マイクロ波パワー	1200 W (2.45 GHz)

z)

RFバイアス・パワー	90 W (800 kHz)
------------	----------------

z)

電極温度	-10 °C (アルコール系冷媒使用)
------	---------------------

このエッチングにより、図1-(d)に示されるように反応層6が除去された。このとき、エッチング種として塩素系化学種を用いているために、A1-1%Si層1がA1C<sub>1x</sub>の形で若干除去される可能性もあるが、このエッチングは入射イオン・エネルギーの極めて弱い条件下で短時間に行われるため、後工程でビアホール5の埋め込みに実質的な影響を及ぼすことはなかった。むしろ、塩素系化学種の存在によりアルミ・クラウンの形成が防止されるメリットの方が大きい。

【0039】なお、エッチング終了時のウェハ表面には、塩素が残留していた。

【0040】そこで、ウェハを上記有磁場マイクロ波プラズマ・エッチング装置に真空コード・ロック機構を介して接続されるインライン・アッシング装置へ移設し、一例として下記の条件で上記レジスト・マスク3をアッシングした。

O <sub>2</sub> 流量	100 SCCM
ガス圧	5.0 Pa
RFバイアス・パワー	0 W
アッシング時間	120 秒

本実施例において、ウェハはSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜2のエッチング終了後に大気開放されておらず、したがってその表面に水分がほとんど吸着されていない状態でアッシング装置に搬入される。レジスト・マスク3の除去により、ウェハ上の残留塩素の大部分が除去された。

【0041】アッシング後、このウェハを大気中に試験的に放置したが、72時間後でもアフターロジジョンの発生は認められなかった。

【0042】実施例2

本実施例では、同じビアホール加工においてSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜をc-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>を用いて1段階でエッチングし、A1-1%Si層の露出面に形成された反応層をBCl<sub>3</sub>/C<sub>12</sub>混合ガスを用いてエッチング除去した後、H<sub>2</sub>ガスを用いたプラズマ処理を行って残留塩素を除去した。このプロセスを、図1-(a)、図1-(c)、図1-(d)および図3を参照しながら説明する。

【0043】まず、図1-(a)に示すウェハを有磁場マイクロ波プラズマ・エッチング装置にセットし、一例として下記の条件でSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜2をエッチングした。

c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> 流量	30 SCCM
ガス圧	0.25 Pa
マイクロ波パワー	1200 W (2.45 GHz)
RFバイアス・パワー	250 W (800 kHz)

z)

電極温度 10°C (アルコール系冷媒使用)

【0044】本実施例では、ガス系に  $\text{CH}_4$ ,  $\text{F}_2$  が添加されていないため、エッチング反応系内の  $\text{F}^-$  生成量が実施例1に比べて多く、これにより Al - 1% Si 層1が露出した時点で直ちに反応層6が形成できるようになされている。ただし、1段階エッチングであるから、実用的な選択性を確保するために実施例1よりも RFパワーを下げた。このエッチングにより、図1(c)に示されるように異方性形状を有するビアホール5が形成され、その底面には反応層6が形成された。

【0045】次に、上記反応層6を除去するため、一例として下記の条件でエッチングを行った。

BC1 <sub>3</sub> 流量	100 SCCM
H <sub>2</sub> 流量	50 SCCM
ガス圧	2.0 Pa
マイクロ波パワー	1200 W (2, 4.5 GHz)
RFバイアス・パワー	50 W (800 kHz)

電極温度 10°C (アルコール系冷媒使用)

このエッチングにおいて、反応層6は塩素系化合物の寄与により速やかに除去された。なお、上記のガス組成は、Al系材料層のエッチング・ガスとして広く知られた組成である。この組成によれば、残留酸素の影響で Al - 1% Si 層1の表面に自然酸化膜が生成している場合にも、BC1<sub>3</sub> の還元作用にもとづいてこれを速やかに除去することができる。

【0046】次に、上記反応層6の除去に伴って発生した残留酸素を除去するために、一例として下記の条件でプラズマ処理を行った。

H <sub>2</sub> 流量	30 SCCM
ガス圧	0.25 Pa
マイクロ波パワー	1200 W (2, 4.5 GHz)
RFバイアス・パワー	20 W (800 kHz)

電極温度 10°C (アルコール系冷媒使用)

プラズマ処理時間 20 秒

このプラズマ処理過程では、残留酸素は H<sub>2</sub> から生成する H<sup>+</sup> により HCl (塩化水素) の形で除去された。二カウントは、大気中に 7.2 時間放置してもアフターコロージョンを生じなかつた。

【0047】以上、本発明を2例の実施例にちとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。たとえば、上述の実施例では Al 系配線層として Al - 1% Si 層を採り上げたが、近年の Al -

系配線層はフォトリソグラフィにおける加工精度を向上させる目的でほとんどの場合その表面に反射防止膜を有している。本発明においても、TiON 膜等の反射防止膜を用いて良い。

【0048】層間絶縁膜としては SiO<sub>2</sub> からなる層間絶縁膜を例示したが、PSG, BSG, BPSG, As-S-G, As-P-S-G, As-B-S-G 等からなる層間絶縁膜も同様にエッチング可能である。反応層のエッチングに用いられる塩素系化合物としては Cl<sub>2</sub>, BC1<sub>3</sub> を例示したが、これを HCl 等に替えて良い。

【0049】残留塩素を除去するために用いられる分子内に水素原子を持つ化合物としては、上述の H<sub>2</sub> の他、NH<sub>3</sub> あるいは CH<sub>4</sub> 等の各種炭化水素を用いても良い。

【0050】上述の実施例では、高密度プラズマとして ECR プラズマを採り上げたが、ホローアンード型プラズマでは  $10^{12}$  イオン/ $\text{cm}^3$ 、ヘリコン波プラズマや TCFP では  $10^{12} \sim 10^{13}$  イオン/ $\text{cm}^3$  のオーダーのイオン密度が報告されており、これらのはいづれを利用しても良い。その他、使用するエッチング装置、エッチング条件、サンプル・ウェハの構成、プラズマ処理条件等が適宜変更可能であることは、言うまでもない。

#### 【0051】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明ではいわゆる高密度プラズマ中に生成する大量の CF<sup>-</sup> をエッチングに利用し、かつその入射エネルギーを最適化することにより、下地の Al 系配線層に対して高選択性比を維持しながら、実用的速度でシリコン化合物層の異方的エッチングを行うことができる。さらに、このときの選択性確保に寄与する反応層をエッチング除去した後、残留塩素を除去することにより、アフターコロージョンも効果的に抑制することができる。

【0052】したがって本発明は、多層配線構造を有する半導体装置の信頼性および歩留りを向上させる上で極めて有効であり、半導体装置の微細化、高集積化、高性能化、高信頼化等に貢献するものである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のドライエッチング方法をビアホール加工に適用したプロセス例をその工程順にしたがって示す模式的な断面図であり、(a) は Al - 1% Si 層上に SiO<sub>2</sub> 層間絶縁膜とレジスト・マスクが順次形成された状態、(b) は SiO<sub>2</sub> 層間絶縁膜のジャストエッチングが終了した状態、(c) は Al - 1% Si 層の露出面上に反応層が形成された状態、(d) は反応層の除去に伴つて塩素が残留した状態をそれぞれ示す。

【図2】アシングにより図1(d) のレジスト・マスクと残留塩素が除去された状態を示す模式的な断面図である。

【図3】水素原子を有する化合物を用いたプラズマ処理により図1(d) の残留塩素が除去された状態を示す模

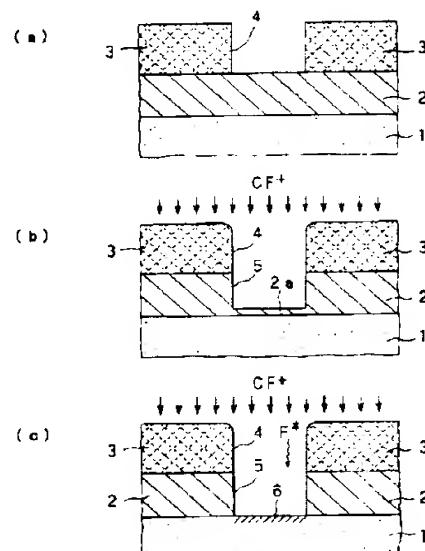
式的な断面図である

【図4】従来のピアホール加工における問題点を説明するための模式的な断面図であり、(a)はA1系配線層上にSiO<sub>2</sub>層間絶縁膜とレジスト・マスクが順次形成された状態、(b)はオーバーエッチング時にA1系配線層の表面がスハッタされて再付着物層が形成された状態、(c)はレジスト・ハターン除去後に再付着物層が残った状態をそれぞれ表す。

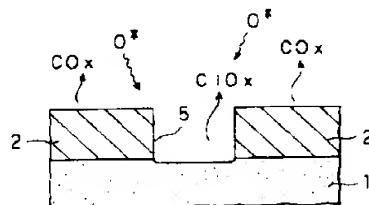
#### 【符号の説明】

- 1 ··· A1 - 1% Si層
- 2 ··· SiO<sub>2</sub> 層間絶縁膜
- 3 ··· レジスト・マスク
- 4 ··· 開口部
- 5 ··· ピアホール
- 6 ··· 反応層

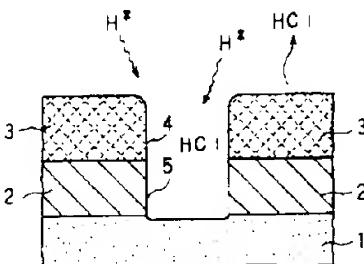
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

